



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10073852 A**(43) Date of publication of application: **17.03.98**

(51) Int. Cl. **G02F 1/35**  
**H04J 14/00**  
**H04J 14/02**  
**H04B 10/152**  
**H04B 10/142**  
**H04B 10/04**  
**H04B 10/06**

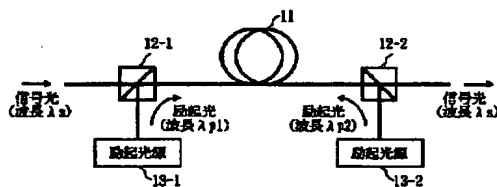
(21) Application number: **08232376**(22) Date of filing: **02.09.96**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>**(72) Inventor: **MURAKAMI MAKOTO  
OKAWA NORIO****(54) OPTICAL AMPLIFICATION AND TRANSMISSION  
SYSTEM**adequately  $\lambda_{p1}$  and  $\lambda_{p2}$ .

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To broaden a signal transmission band by adjusting the wavelength and light output of an exciting light source and setting the Raman amplification band to respective exciting light wavelengths so as to include all of signal light wavelengths.

**SOLUTION:** Wavelength synthesizing couplers 12-1, 12-2 are arranged at both ends of an optical fiber transparent path 11 for transmitting the signal light of a wavelength  $\lambda_s$ . The exciting light source 13-1 which outputs the exciting light of a wavelength  $\lambda_{p1}$  is connected to the wavelength synthesizing coupler 12-1 and the exciting light source 13-2 which outputs the exciting light of a wavelength  $\lambda_{p2}$  is connected to the wavelength synthesizing coupler 12-2. When  $\lambda_{p1} < \lambda_{p2}$  is set, the Raman amplification bands to the respective exciting light wavelengths are formed to the different wavelength bands corresponding to the wavelength difference between  $\lambda_{p1}$  and  $\lambda_{pe}$ . Then, the Raman amplification band may be made wider so as to include the signal light wavelength  $\lambda_s$  by selecting



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 7 3 8 5 2

(43) 公開日 平成10年(1998)3月17日

(51) Int. Cl. °	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35	5 0 1		G 0 2 F 1/35 5 0 1	
H 0 4 J 14/00			H 0 4 B 9/00 E	
14/02			L	
H 0 4 B 10/152				
10/142				
審査請求 未請求 請求項の数 2			O L	(全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-232376

(22) 出願日 平成8年(1996)9月2日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 村上 誠

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 大川 典男

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

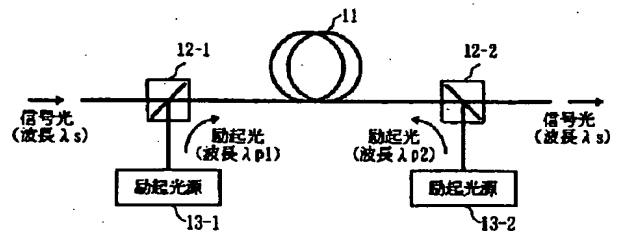
(54) 【発明の名称】 光増幅伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ伝送路のラマン増幅帯域を拡大し、信号伝送帯域を広帯域化する。

【解決手段】 複数の波長の励起光を光ファイバ伝送路に入力する。このとき、各励起光波長に対するラマン増幅帯域が信号光のすべてを含むように設定する。

本発明の光増幅伝送システムの第1の実施形態



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ伝送路に励起光を入力し、そのラマン増幅効果により光ファイバ伝送路における信号光損失を補償する光増幅伝送システムにおいて、  
各励起光波長に対するラマン増幅帯域が前記信号光波長のすべてを含むように設定された複数の波長の励起光を出力する励起光源と、

前記複数の波長の励起光を前記光ファイバ伝送路に入力する結合手段とを備えたことを特徴とする光増幅伝送システム。

【請求項2】 結合手段は、光ファイバ伝送路の両端からそれぞれ異なる波長の励起光を入力する手段、異なる波長の励起光を波長合成カプラを用いて合成してから光ファイバ伝送路に入力する手段、異なる波長の励起光を偏波合成カプラを用いて合成してから光ファイバ伝送路に入力する手段の少なくとも1つの手段を用いて構成されたことを特徴とする請求項1に記載の光増幅伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバのラマン増幅効果を用いて光ファイバ伝送路における信号光損失を補償する光増幅伝送システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】光増幅伝送システムの励起光源としては、通常、単一波長で発振する高出力のレーザが用いられる。光ファイバのラマン増幅効果は、励起光波長（周波数）から一定量シフトした波長（周波数）で起こり、その利得スペクトルは光ファイバの材質によって決まる。通常の光ファイバでは、励起光波長から90～100 nm離れた波長帯で50 nm程度の範囲にわたる広帯域な利得帯域幅をもち、励起光波長と光ファイバの種類によって一意に決定されることが知られている（参考文献：Nonlinear Fiber Optics, Academic Press発行）。

【0003】図6は、従来の光増幅伝送システムの構成例を示す。図において、波長 $\lambda_s$ の信号光を伝送する光ファイバ伝送路61には、各区分ごとに、励起光源62から出力された波長 $\lambda_p$ の励起光が波長合成カプラ63を介して入力される。各区分の光ファイバ伝送路61では、励起光によるラマン増幅効果により信号光が増幅され、長距離伝送が可能になっている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光ファイバ伝送路全体のラマン増幅帯域は、図7に示すように個々の区分のラマン増幅帯域の重ね合わせとなる。したがって、光ファイバ伝送路全体のラマン増幅帯域は狭まり

（図中、斜線部分）、信号伝送帯域は狭帯域化される。すなわち、波長多重された信号光のように広帯域な信号光を長距離伝送する場合には、十分な信号伝送帯域を確保することが困難になる。

【0005】本発明は、光ファイバ伝送路のラマン増幅帯域を拡大し、信号伝送帯域を広帯域化することができる光増幅伝送システムを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の光増幅伝送システムでは、複数の波長の励起光を光ファイバ伝送路に入力する。光ファイバ伝送路のラマン増幅帯域は、各励起光波長に対するラマン増幅帯域の重ね合わせとなる。したがって、1つの励起光波長に対するラマン増幅帯域が狭くても、各励起光源の波長および光出力を調整し、各励起光波長に対するラマン増幅帯域が信号光波長のすべてを含むように設定することにより、信号伝送帯域を広帯域化することができる。

## 【0007】

## 【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）図1は、本発明の光増幅伝送システムの第1の実施形態を示す。図において、波長 $\lambda_s$ の信号光を伝送する光ファイバ伝送路11の両端に波長合成カプラ12-1、12-2が配置される。波長合成カプラ12-1には波長 $\lambda_{p1}$ の励起光を出力する励起光源13-1が接続され、波長合成カプラ12-2には波長 $\lambda_{p2}$ の励起光を出力する励起光源13-2が接続され、各励起光が双方向から光ファイバ伝送路11に入力される。波長合成カプラ12-1、12-2は、信号光波長 $\lambda_s$ と励起光波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ とをそれぞれ損失なく合成できる特性を有する。

【0008】ここで、 $\lambda_{p1} < \lambda_{p2}$ とすると、図2に示すように各励起光波長に対するラマン増幅帯域21、22は、ほぼ $\lambda_{p1}$ と $\lambda_{p2}$ の波長差に対応する異なった波長帯に形成される。光ファイバ伝送路11のラマン増幅帯域23は、各励起光波長対応のラマン増幅帯域21、22を合成したものとなる。したがって、 $\lambda_{p1}$ と $\lambda_{p2}$ を適当に選ぶことにより、信号光波長 $\lambda_s$ （ $\lambda_{s1}$ 、 $\lambda_{s2}$ 、…）を含むようにラマン増幅帯域を広帯域化することができる。これにより、所要の信号伝送帯域において広帯域に光ファイバ伝送路損失を補償することができる。

【0009】なお、このような光増幅伝送システムを1区分とし、それらを連続に接続することにより長距離伝送システムを構成することができる。この場合でも、各励起光源の波長および光出力を調整することにより、各区分ごとに実現したラマン増幅帯域の広帯域性を維持することが可能である。これにより、広帯域な信号光を長距離伝送することができる。

【0010】図3は、第1の実施形態における励起光およびラマン増幅帯域の測定例を示す。(a)は、励起光スペクトルを示し、励起光波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ の中心波長がそれぞれ1446 nm、1490 nmである。(b)は、ラマン増幅スペクトルを示す。励起光波長 $\lambda_{p1}$ に対するラマン増幅スペクトル31は、ピーク波長が1538 nmで1 dB利得帯域幅が29.4 nmである。一方、励起光波長 $\lambda_{p2}$ に対する

ラマン増幅スペクトル32は、ピーク波長1586nmで1dB利得帯域幅が39.2nmである。この2つの励起光を同時に入力したときのラマン増幅スペクトル33は、ピーク波長が1555nmで1dB利得帯域幅が71.8nmであり、利得帯域幅の大幅な増加とスペクトル特性の制御が実現されていることがわかる。

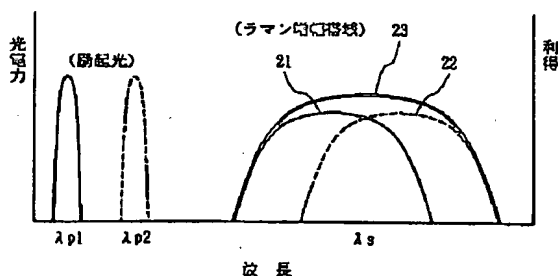
【0011】（第2の実施形態）図4は、本発明の光増幅伝送システムの第2の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ の励起光を合波してから光ファイバ伝送路11に入力するところにある。励起光源13-1、13-2からそれぞれ出力される波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ の励起光は波長合成カプラ12-3で合波され、波長合成カプラ12-4を介して光ファイバ伝送路11の一端から入力される。ここで、波長合成カプラ12-3は、励起光波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ を損失なく合成できる特性を有する。波長合成カプラ12-4は、信号光波長 $\lambda_s$ と励起光波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ とを損失なく合成できる特性を有する。本構成では、信号光の伝送路中に挿入される波長合成カプラが1つになるので、第1の実施形態に比べて伝送路中の損失を低減できる効果がある。

【0012】（第3の実施形態）図5は、本発明の光増幅伝送システムの第3の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ の励起光を合波する手段として偏波合成カプラ14を用い、合波された励起光を光ファイバ伝送路11に入力するところにある。

【0013】励起光源13-1、13-2からそれぞれ出力される波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ の励起光は、それぞれ所定の偏波状態で偏波合成カプラ14に入力されて偏波合成され、さらに波長合成カプラ12-4を介して光ファイバ伝送路11の一端から入力される。ここで、励起光源13-1、13-2は単一偏波の励起光を出力し、偏波合成カプラ14に空間系または偏波保持ファイバを介して接続する。波長合成カプラ12-4は、信号光波長 $\lambda_s$ と励起光波長 $\lambda_{p1}$ 、 $\lambda_{p2}$ とを損失なく合成できる特性を有する。本構成でも、信号光の伝送路中に挿入される波長合成カプラが1つになるので、第1の実施形態に比べて伝送路中の損失を低減できる効果がある。

【図2】

本発明による励起光とラマン増幅帯域の関係



【0014】なお、以上の実施形態では2波長の励起光を用いる例を示した。3波長以上の励起光を用いる場合には、第1の実施形態と第2または第3の実施形態を組み合わせることにより実現できる。例えば3波長の励起光を用いる場合には、光ファイバ伝送路の一端から波長 $\lambda_{p1}$ の励起光を入力し、他端から波長 $\lambda_{p2}$ 、 $\lambda_{p3}$ の励起光の入力する。あるいは、第2または第3の実施形態において、3波長以上を合波できる波長合成カプラまたは偏波合成カプラを用いればよい。

10 【0015】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光増幅伝送システムは、光ファイバ伝送路に複数の波長の励起光を入力することによりラマン増幅帯域を拡大し、結果として信号伝送帯域を拡大することができる。これにより、光増幅伝送システムにおける信号伝送容量を大幅に増大させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光増幅伝送システムの第1の実施形態を示すブロック図。

20 【図2】本発明による励起光とラマン増幅帯域の関係を示す図。

【図3】第1の実施形態における励起光およびラマン増幅帯域の測定例を示す図。

【図4】本発明の光増幅伝送システムの第2の実施形態を示すブロック図。

【図5】本発明の光増幅伝送システムの第3の実施形態を示すブロック図。

【図6】従来の光増幅伝送システムの構成例を示すブロック図。

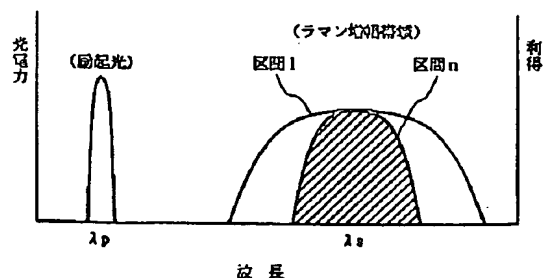
30 【図7】従来の光増幅伝送システムのラマン増幅帯域を示す図。

【符号の説明】

- 11 光ファイバ伝送路
- 12 波長合成カプラ
- 13 励起光源
- 14 偏波合成カプラ

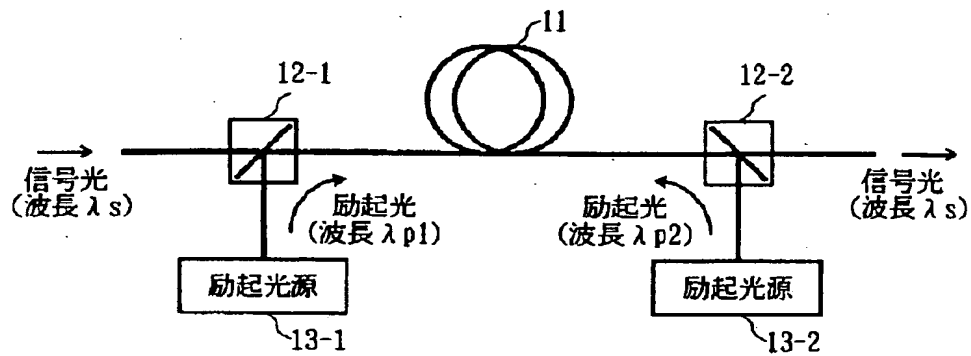
【図7】

従来の光増幅伝送システムのラマン増幅帯域



【図1】

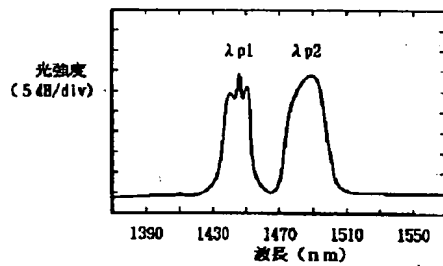
## 本発明の光増幅伝送システムの第1の実施形態



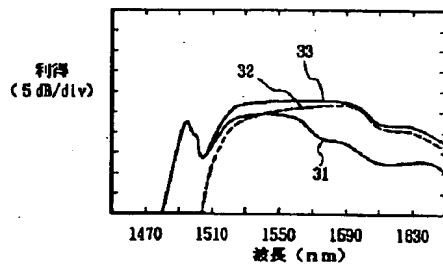
【図3】

第1の実施形態における励起光およびラマン増幅帯域の測定例

(a) 励起光

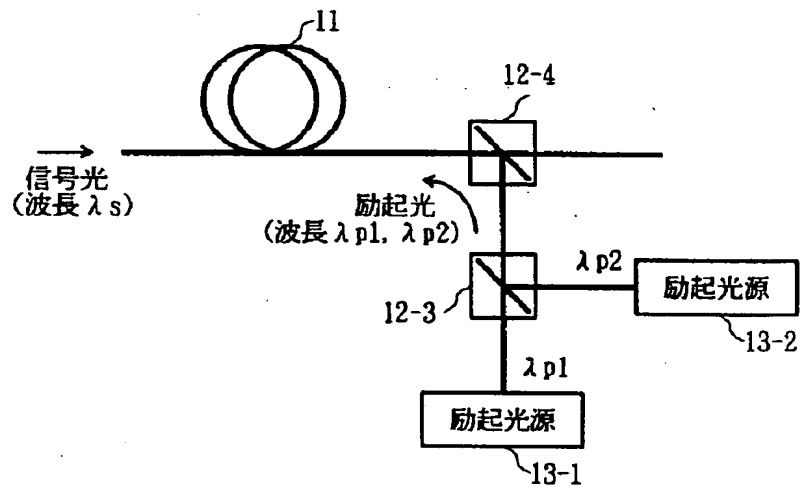


(b) ラマン増幅帯域



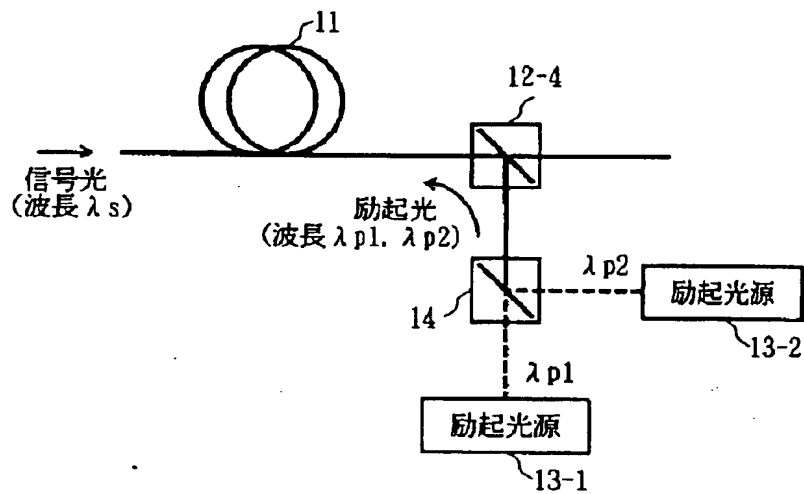
【図4】

## 本発明の光増幅伝送システムの第2の実施形態



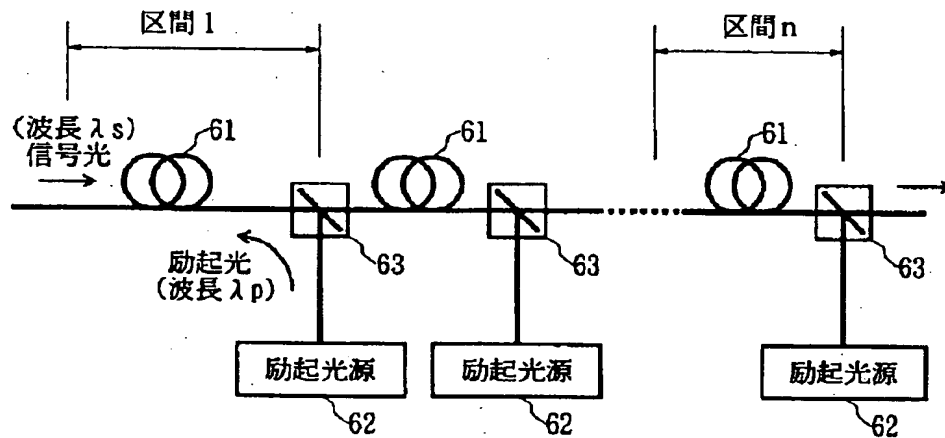
【図5】

## 本発明の光増幅伝送システムの第3の実施形態



【図6】

## 従来の光増幅伝送システムの構成例



フロントページの続き

(51) Int. Cl. °

H 0 4 B 10/04

10/06

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所